

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Jagung Manis (*Zea mays sccharata* Strut.)

Tanaman jagung manis menghendaki tempat yang terbuka dan menyukai cahaya. Jagung tumbuh baik di wilayah tropis hingga 50 °LU dan 50 °LS, dengan ketinggian tempat yang cocok berkisar dari 500 - 1500 mdpl. Temperatur udara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman jagung adalah 23 – 27°C. Curah hujan yang ideal untuk tanaman jagung pada umumnya antara 200 – 300 mm/bulan atau memiliki curah hujan tahunan antara 800 – 1200 mm. Tingkat kemasaman tanah (pH) tanah yang optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung berkisar antara 5,6 – 6,2. Masa tanam jagung tidak tergantung pada musim, namun tergantung pada ketersediaan air yang cukup. Jika pengairannya cukup, maka penanaman jagung pada musim kemarau akan memberikan pertumbuhan yang jauh lebih baik (Riwandy *et al.*, 2014).

Secara fisiologis, tanaman jagung termasuk tanaman C₄. Pertumbuhannya memerlukan cahaya yang penuh. Golongan tanaman C₄ ini juga lebih efisien dalam memanfaatkan CO₂ yang diperlukan dalam proses fotosintesis. Hal ini dapat berlangsung karena tanaman jagung memiliki sel seludang daun atau bundle seath cells yang mengelilingi pembuluh daun (Riwandy *et al.*, 2014)

Secara fisik jagung manis tidak berbeda jauh dengan jagung lokal. Jagung manis memiliki perakaran dangkal, berakar serabut terutama pada varietas yang berumur pendek. Daunnya sekitar 10 – 20 dan berada pada setiap ruas batang dengan kedudukan yang berlawanan. Tinggi tanaman jagung manis berkisar 1,5 – 2,5 m dan terbungkus oleh pelepah daun yang berselang-seling yang berasal dari setiap buku dan ini hal ini tidak beda jauh dengan ciri jagung lokal. Tanaman ini adalah tanaman berumah satu (*Monoceus*), dengan bunga jantan tumbuh sebagai pembungaan ujung pada batang utama dan pada bunga betina tumbuh terpisah sebagai pembungaan samping yang berkembang pada ketiak daun (Subagjo, 2000). Biji jagung manis terdiri dari atas tiga bagian utama, yaitu kulit biji endosperm dan embrio (Subekti *et al.*, 2009). Biji jagung jenis ini yang masih muda memiliki kadar gula yang lebih tinggi dari pada pati dan kualitas pada beberapa varietas memiliki campuran biji berwarna putih dan kuning. Serta tongkol jagung manis memiliki ukuran yang lebih kecil, dipanen dibandingkan

jagung lokal. Pemanenan tongkol dimulai pada umur 60 – 75 hst, hanya saja pada dataran tinggi pemanenan dilakukan lebih lama, yaitu sekitar 85 hst (Kariada, 2006).

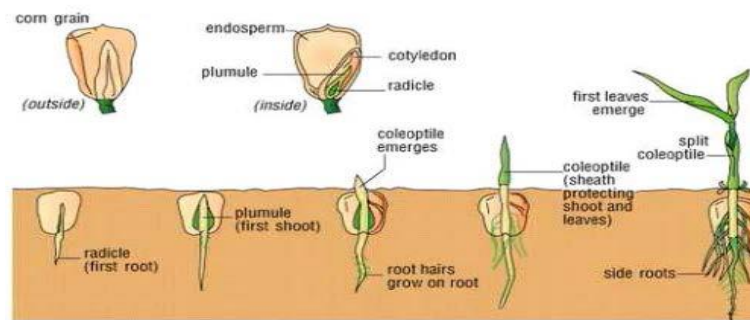
2.2 Fase Pertumbuhan Tanaman Jagung

Menurut Subekti *et al.* (2009), secara umum jagung mempunyai pola pertumbuhan yang sama, namun interval waktu antar tahap pertumbuhan dan jumlah daun yang berkembang dapat berbeda. Pertumbuhan jagung dapat dikelompokkan ke dalam tiga tahap yaitu :

- 1) Fase perkecambahan, saat proses imbibisi air yang ditandai dengan pembengkakan biji sampai dengan sebelum munculnya daun pertama;
- (2) Fase pertumbuhan vegetatif, yaitu fase mulai munculnya daun pertama yang terbuka sempurna sampai tasseling dan sebelum keluarnya bunga betina (*silking*), fase ini diidentifikasi dengan jumlah daun yang terbentuk dan
- (3) Fase *reproduktif*, yaitu fase pertumbuhan setelah *silking* sampai masak fisiologis.

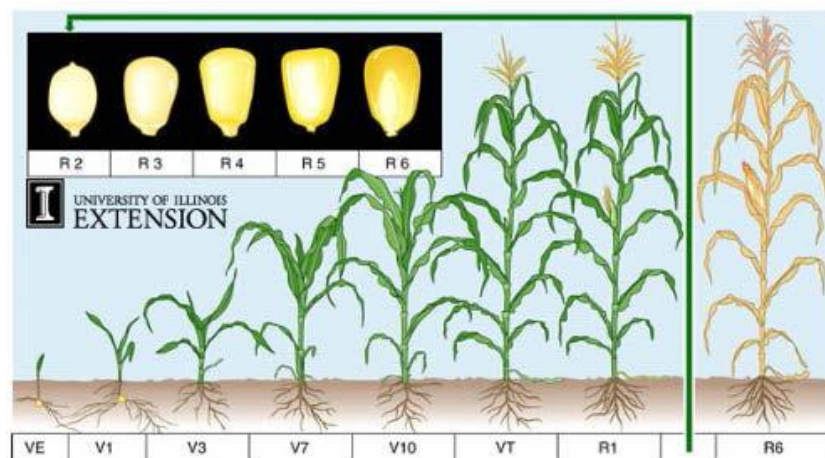
Perkecambahan benih jagung terjadi ketika radikula muncul dari kulit biji. Benih jagung akan berkecambah jika kadar air benih pada saat di dalam tanah meningkat $> 30\%$. Proses perkecambahan benih jagung, mula-mula benih menyerap air melalui proses imbibisi dan benih membengkak yang diikuti oleh kenaikan aktivitas enzim dan respirasi yang tinggi. Perubahan awal sebagian besar adalah katabolisme pati, lemak, dan protein yang tersimpan dihidrolisis menjadi zat-zat yang mobil, gula, asam-asam lemak dan asam amino yang dapat diangkut ke bagian embrio yang tumbuh aktif. Pada awal perkecambahan, koleoriza memanjang menembus pericar, kemudian radikel menembus koleoriza.

Setelah radikel muncul, kemudian empat akar seminal lateral juga muncul. Pada waktu yang sama atau sesaat kemudian plumule tertutupi oleh koleoptil. Koleoptil terdorong ke atas oleh pemanjangan mesokotil, yang mendorong koleoptil ke permukaan tanah. Mesokotil berperan penting dalam pemunculan kecambah ke atas tanah. Ketika ujung koleoptil muncul ke luar permukaan tanah, pemanjangan mesokotil terhenti dan plumul muncul dari koleoptil dan menembus permukaan tanah seperti ditunjukkan pada Gambar 2. (Subekti *et al.*, 2009).



Gambar 2. Proses Perkecambahan Benih Jagung (BISI, 2011)

Benih jagung umumnya ditanam pada kedalaman 5 - 8 cm. Bila kelembaban tepat, pemunculan kecambah seragam dalam 4 - 5 hari setelah tanam. Semakin dalam lubang tanam semakin lama pemunculan kecambah ke atas permukaan tanah. Setelah perkecambahan, pertumbuhan jagung melewati beberapa fase seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Fase Pertumbuhan Jagung (BISI, 2011)

1. Fase V3-V5 (jumlah daun yang terbuka sempurna 3 - 5)

Fase ini berlangsung pada saat tanaman berumur antara 10 - 18 hari setelah berkecambah. Pada fase ini akar seminal sudah mulai berhenti tumbuh, akar nodul sudah mulai aktif, dan titik tumbuh di bawah permukaan tanah. Suhu tanah sangat mempengaruhi titik tumbuh. Suhu rendah akan memperlambat keluar daun, meningkatkan jumlah daun, dan menunda terbentuknya bunga jantan. (Subekti *et al.*, 2009)

2. Fase V6-V10 (jumlah daun terbuka sempurna 6 -10)

Fase ini berlangsung pada saat tanaman berumur antara 18 - 35 hari setelah berkecambah. Titik tumbuh sudah di atas permukaan tanah, perkembangan akar dan penyebarannya di tanah sangat cepat, dan pemanjangan batang meningkat dengan cepat. Pada fase ini bakal bunga jantan (*tassel*) dan perkembangan tongkol dimulai. Tanaman mulai menyerap hara dalam jumlah yang lebih banyak, karena itu pemupukan pada fase ini diperlukan untuk mencukupi kebutuhan hara bagi tanaman (Subekti *et al.*, 2009)

3. Fase V11- Vn (jumlah daun terbuka sempurna 11 helai)

Fase ini berlangsung pada saat tanaman berumur antara 33 - 50 hari setelah berkecambah. Tanaman tumbuh dengan cepat dan akumulasi bahan kering meningkat dengan cepat pula. Kebutuhan hara dan air relatif sangat tinggi untuk mendukung laju pertumbuhan tanaman. Tanaman sangat sensitif terhadap cekaman kekeringan dan kekurangan hara.

Pada fase ini, kekeringan dan kekurangan hara sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tongkol, dan bahkan akan menurunkan jumlah biji dalam satu tongkol karena mengecilnya tongkol yang akibatnya menurunkan hasil. Kekeringan pada fase ini juga akan memperlambat munculnya bunga betina (*silking*). (Subekti *et al.*, 2009)

4. Fase *Tasseling* (berbunga jantan)

Fase *tasseling* biasanya berkisar antara 45 - 52 hari, ditandai oleh adanya cabang terakhir dari bunga jantan sebelum kemunculan bunga betina (*silk* / rambut tongkol). Tahap VT dimulai 2 - 3 hari sebelum rambut tongkol muncul, di mana pada periode ini tinggi tanaman hampir mencapai maksimum dan mulai menyebarkan serbuk sari (pollen). Pada fase ini dihasilkan biomas maksimum dari bagian vegetatif tanaman, yaitu sekitar 50% dari total bobot kering tanaman, penyerapan N, P, dan K oleh tanaman masing-masing 60 - 70%, 50%, dan 80 - 90%. (Subekti *et al.*, 2009)

5. Fase R1 (*silking*)

Tahap *silking* diawali oleh munculnya rambut dari dalam tongkol yang terbungkus kelobot, biasanya mulai 2 - 3 hari setelah *tasseling*.

Penyerbukan (polinasi) terjadi ketika serbuk sari yang dilepas oleh bunga jantan jatuh menyentuh permukaan rambut tongkol yang masih segar. Serbuk sari tersebut membutuhkan waktu sekitar 24 jam untuk mencapai sel telur (*ovule*), di mana pembuahan (*fertilization*) akan berlangsung membentuk bakal biji. Rambut tongkol muncul dan siap diserbuki selama 2 - 3 hari. Rambut tongkol tumbuh memanjang 2,5 - 3,8 cm/hari dan akan terus memanjang hingga diserbuki. Bakal biji hasil pembuahan tumbuh dalam suatu struktur tongkol dengan dilindungi oleh tiga bagian penting biji, yaitu glume, lemma, dan palea, serta memiliki warna putih pada bagian luar biji. Bagian dalam biji berwarna bening dan mengandung sangat sedikit cairan. Pada tahap ini, apabila biji dibelah dengan menggunakan silet, belum terlihat struktur embrio di dalamnya. Serapan N dan P sangat cepat, dan K hampir komplit. (Subekti *et al.*, 2009)

6. Fase R2 (*blister*)

Fase R2 muncul sekitar 10 - 14 hari setelah *silking*, rambut tongkol sudah kering dan berwarna gelap. Ukuran tongkol, kelobot, dan janggol hampir sempurna, biji sudah mulai nampak dan berwarna putih melepuh, pati mulai diakumulasi ke endosperm, kadar air biji sekitar 85% dan akan menurun terus sampai panen. (Subekti *et al.*, 2009).

7. Fase R3 (masak susu)

Fase ini terbentuk 18 - 22 hari setelah *silking*. Pengisian biji semula dalam bentuk cairan bening, berubah seperti susu. Akumulasi pati pada setiap biji sangat cepat, warna biji sudah mulai terlihat (bergantung pada warna biji setiap varietas), dan bagian sel pada endosperm sudah terbentuk lengkap. Kekeringan pada fase R1-R3 menurunkan ukuran dan jumlah biji yang terbentuk. Kadar air biji dapat mencapai 80%. (Subekti *et al.*, 2009).

8. Fase R4 (*dough*)

Fase R4 mulai terjadi 24 - 28 hari setelah *silking*. Bagian dalam biji seperti pasta (belum mengeras). Separuh dari akumulasi bahan kering biji sudah terbentuk dan kadar air biji menurun menjadi sekitar 70%. Cekaman kekeringan pada fase ini berpengaruh terhadap bobot biji. (Subekti *et al.*, 2009).

9. Fase R5

Akan terbentuk 30 - 42 hari setelah *silking*. Seluruh biji sudah terbentuk sempurna, embrio sudah masak, dan akumulasi bahan kering biji akan segera terhenti. Kadar air biji 55%. (Subekti *et al.*, 2009).

10. Fase R6 (masak fisiologis)

Pada tahap ini, biji-biji pada tongkol telah mencapai bobot kering maksimum. Lapisan pati yang keras pada biji telah berkembang dengan sempurna dan telah terbentuk pula lapisan absisi berwarna coklat atau kehitaman. Pembentukan lapisan hitam (*black layer*) berlangsung secara bertahap, dimulai dari biji pada bagian pangkal tongkol menuju ke bagian ujung tongkol. Pada varietas hibrida, tanaman yang mempunyai sifat tetap hijau (*stay-green*) yang tinggi, kelobot dan daun bagian atas masih berwarna hijau meskipun telah memasuki tahap masak fisiologis. Pada tahap ini kadar air biji berkisar 30 - 35% dengan total bobot kering dan penyerapan NPK oleh tanaman mencapai masing-masing 100%. (Subekti *et al.*, 2009).

2.3 PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*)

PGPR mengandung bakteri pemacu pertumbuhan, yaitu yang disebut *Rhizobakteria* tersebut hidup secara berkoloni dan menyelimuti daerah perakaran tanaman. Ada beberapa *rhizobakteria* yang sudah dimanfaatkan secara komersil sebagai PGPR yaitu berasal dari spesies *Agrobacterium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Delfitia*, *Paenibacillus macerans*, *Pantoea agglomerans*, *Pseudomonas Rhizobium* dan *Serretia*. Meskipun sebagian besar *Bacillus* (gram-positif) tidak tergolong pengkoloni akar, beberapa strain tertentu dari genus ini ada yang mampu melakukannya sehingga bisa digolongkan PGPR (Chauhan, Bagyaraj, Selvakumar dan Sundaram, 2015). Beberapa genus bakteri terseleksi mampu menstimulasi pertumbuhan, baik tanaman legum maupun yang bukan legum pada skala lapangan. Bakteri tersebut terbukti memproduksi fitohormon, yaitu auksin, sitokinin, giberelin, etilen dan asam absisat.

Bakteri *Pseudomonas fluorescens* dilaporkan menghasilkan IAA yang juga dapat merangsang pertumbuhan akar jagung pada kondisi hidroponik (Rahni, 2012). Menurut Zainudin *et al.*, (2014), penggunaan PGPR (*Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens*) berpotensi mengendalikan penyakit bulai yang

diakibatkan spora *Peronosclerospora* sp. pada tanaman jagung sebanyak 50% dan 40 % dibanding perlakuan kontrol 20%.

Pemberian *Bacillus subtilis* dengan konsentrasi 100% mampu menghasilkan jumlah anakan yang terbanyak pada teknik *bud chip* di tanaman tebu (Sulistyo ningtyas *et.al* 2017). Bakteri *Bacillus subtilis* memiliki sifat yang dapat melarutkan fosfat (Sutariati *et al.*, 2006) dan menghasilkan hormon pemacu pertumbuhan (Sutariati, 2010). Bakteri *Bacillus subtilis* juga lebih adaptif pada perubahan lingkungan (Dijl dan Hecker, 2013) dan mampu bertahan hidup lebih lama dari pada bakteri *Pseudomonas fluorescens* (Sallam *et al.*, 2013).

Menurut Wedhastri (2002), menyatakan bahwa hasil seleksi dan penghasilan pigmen isolat-isolat *Azotobacter* yang diperoleh menyatakan bahwa, *Azotobacter* berkemampuan ganda sebagai penambat Nitrogen di atmosfer yang unggul juga sebagai penghasil zat pengatur tumbuh (Asam Indol Asetat, giberelin, dan Sitokini) Senyawa – senyawa ini juga diketahui dapat merangsang proses – proses enzimatik pada akar dan mempercepat sintesis senyawa – senyawa yang mengandung Nitrogen organik (Vancura, 1952 yang tercantum dalam Wedhastri 2002). *Azotobacter* hidup bebas sebagai saprofit pada tanah, air, laut dan habitat alam lain yang efektif meningkatkan pertumbuhan tanaman (Nurmas, Nofianti, Rahman dan Khaeruni, 2014).

Menuru Gunawan (2011), *Azospirillum* dapat melarutkan fosfat dengan cara mereduksi pH media dan mensekresi asam glukonat, bakteri ini mampu mengkolonisasi akar dengan sangat baik sehingga dapat lebih kompetitif di rizosfer, bersifat aerobik dengan amonia pada media dan tidak dapat menambat nitrogen dalam keadaan anaerob total. Benih tanaman jagung yang diinokulasi dengan *Pseudomonas*, *Azospirillum* dan *Azotobacter* dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas jagung melalui sintesis fitohormon, meningkatkan serapan hara sekitar akar, mendukung penyerapan hara melalui penurunan tingkat keracunan logam berat dan melawan patogen. (Rahni, 2015).

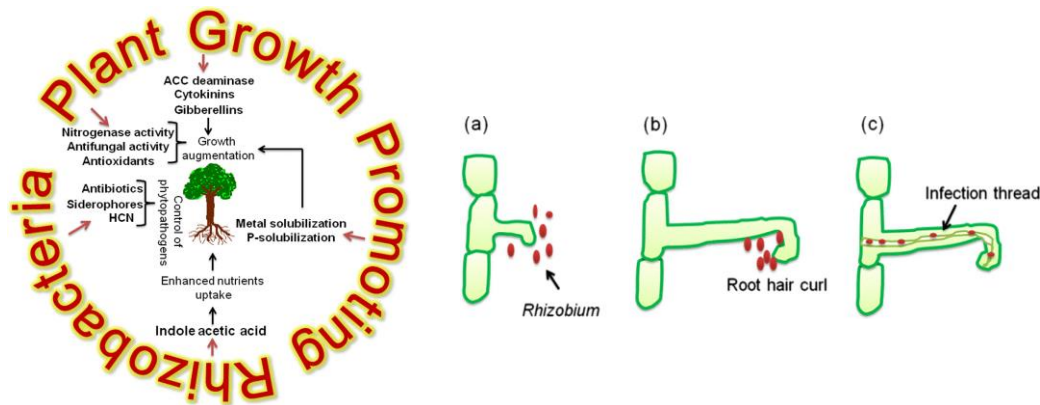
2.3.1 Mekanisme Kerja PGPR

Peningkatan pertumbuhan tanaman (khususnya tanaman jagung) oleh PGPR dapat terjadi melalui satu atau lebih mekanisme yang terkait dengan karakter fungsional PGPR dan kondisi di lingkungan rizosfir yang mendukung.

Karakter fungsional PGPR selain produksi fitohormon dan siderofor adalah mekanisme penambatan N secara non simbiotik dan pelarutan hara P. Mekanisme PGPR dalam memacu atau meningkatkan pertumbuhan tanaman belum sepenuhnya dipahami. Hal ini terkait dengan kompleksitas peran PGPR bagi pertumbuhan tanaman dan beragamnya kondisi fisik, kimia dan biologi di lingkungan rizosfir. Namun diyakini bahwa proses pemacuan tumbuh tanaman dimulai dari keberhasilan PGPR dalam mengkolonisasi rizosfir (Rahni, 2015).

Lingkungan rizosfir yang dinamis dan kaya akan sumber energi dari senyawa organik yang dikeluarkan oleh akar tanaman (eksudat akar) merupakan habitat bagi berbagai jenis mikroba untuk berkembang dan sekaligus sebagai tempat pertemuan dan persaingan mikroba. Tiap tanaman mengeluarkan eksudat akar dengan komposisi yang berbeda-beda sehingga berperan juga sebagai penyeleksi mikroba, meningkatkan perkembangan mikroba tertentu dan menghambat perkembangan mikroba lainnya (Husen *et al.* 2008).

Kompleksitas mekanisme PGPR memacu pertumbuhan tanaman telah banyak dilaporkan. Pada awalnya para ahli percaya bahwa peningkatan pertumbuhan tanaman yang diinokulasi dengan *Azotobacter* dan *Azospirillum* disebabkan oleh sumbangan nitrogen hasil penambatan N₂. Namun kemudian diketahui bahwa ada faktor lain yang turut berperan dalam peningkatan pertumbuhan tanaman yakni hormon IAA yang dihasilkan bakteri tersebut. Ahemad dan Mulugeta (2014), menyatakan bahwa mekanisme PGPR ada yang secara langsung berupa fiksasi nitrogen diudara, pelarut fosfat, produksi siderophore, memproduksi fitohormon dan 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase, juga secara tidak langsung dengan menurunkan efek penghambatan berbagai patogen pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman di Indonesia seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Mekanisme Kerja PGPR (Ahemad dan Mulugeta, 2014)

Dari gambar diatas menjelaskan bahwa saat pelaku budidaya tanaman mengaplikasikan PGPR ke daerah sekitar perakaran, maka *Rhizobacteria* akan melakukan proses nodulasi, yaitu dengan berinteraksi langsung pada tempat tinggal bakteri itu sendiri (sel akar tanaman), kemudian eskresi terjadi akibat dari faktor nodus oleh *Rhizobia* hal tersebut berdampak pada rambut akar tanaman yang menjadi keriting dan dengan keadaan yang ada *Rhizobia* dapat menembus rambut akar, selanjutnya membentuk infeksi berupa benang hal ini memudahkan *Rhizobia* menembus sel dan membentuk korteks bakteri/dinasti bakteri pada sel akar tanaman sehingga nodul terbentuk (Ahemad dan Mulugeta, 2014). Namun untuk kemampuan kerja bakteri PGPR, bergantung pada sumber energinya, salah satu sumber energi tersebut yaitu berasal dari pupuk yang memiliki bahan organik cukup (Wedhastri, 2002).

2.4 Peran Biourine Kambing Sebagai Bahan Organik

Pupuk organik yang berasal dari limbah ternak dapat berupa limbah padat (feses) dan limbah cair (Biourine). Limbah peternakan umumnya meliputi semua kotoran yang dihasilkan dari suatu kegiatan usaha peternakan, baik berupa limbah padat dan cairan, gas ataupun sisa pakan (Gunawan *et al.*, 2005). Limbah ternak yang berpotensi sebagai sumber pupuk organik adalah kambing dan domba. Limbah ternak kambing berupa urin dapat dijadikan sebagai pupuk organik cair. Pengolahan biourine kambing menjadi pupuk cair dapat dilakukan melalui proses fermentasi. Berdasarkan hasil penelitian Universitas Andalas Padang fakultas pertanian, telah diketahui kandungan urin kambing memiliki kadar Nitrogen (N) 36,90 - 37,31 %, Phospat (P) 16,5 - 16,8 ppm dan kalium (K) 0,67 - 1,27 %.

Menurut pendapat Dharmayanti *et al.* (2013), menjelaskan pemberian biourine mampu merubah sifat kimia tanah seperti K tersedia dan N-total tanah tertinggi. Hasil penelitian Ichsan (2010), pada bawang merah menunjukan bahwa pemberian biourine kambing mampu menekan penggunaan pupuk kimia dan tingkat produksi hasil penelitian ini bahkan lebih tinggi $\pm 5\%$ dibandingkam penggunaan pupuk kimia anjuran. Tinggi tanaman banyak dipengaruhi oleh unsur Nitrogen, Kalium dan Fosfor.

Kalium berperan penting dalam fotosintesis karena secara langsung meningkatkan pertumbuhan dan meningkatkan asimilasi CO_2 serta meningkatkan translokasi ke luar daun. Sedangkan penggunaan pupuk anorganik harus memperhatikan nilai unsur nisbah karbon dan oksigen dimana nitrogen harus lebih tinggi dibandingkan nisbah unsur karbon. Ketidak sesuaian komposisi dan nisbah nitrogen akan menghambat pertumbuhan tanaman, karena adanya proses dekomposisi bahan organik menjadi kurang sempurna sehingga mikroorganisme akan mengambil nitrogen dari dalam tanah untuk bahan organik (Setiatma, 2015).